

Max Ketelimäki

# Eleohjain

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

6.3.2016

Tekijä Otsikko	Max Ketelimäki Eleohjain
Sivumäärä Aika	19 sivua + 1 liite 6.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Ohjelmistotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Simo Silander Projektipäällikkö Antti Laurikainen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa prototyyppi lähiympäristön eleohjaimesta. Työn tavoitteena oli luoda eleohjaimen ja vastaanottimien ohjausohjelmisto, joka on mahdollisimman helppokäyttöinen ja käyttäjäystävällinen. Ohjelmiston toteutuksessa keskityttiin myös vähäiseen virrankulutukseen ja ohjelmisto pyrittiin toteuttamaan niin, että sitä olisi mahdollisimman helppo jatkokehittää.</p> <p>Eleohjaimen ja vastaanotinten ohjelmistot kirjoitettiin C-ohjelmointikielellä. Ohjaimen ja vastaanottimien välillä kulkevan datan siirtoon käytettiin Bluetooth-protokollaa. Bluetooth-yhteyksien ja -siirtojen ohjelmistot toteutettiin hyödyntäen Nordic Semiconductorin NRF51 API:a, josta löytyivät tarvittavat kutsut ja funktiot Bluetoothin toteutukseen. Ohjaimen eleentunnistus toteutettiin hyödyntäen kiihtyvyys- ja gyro-anturia. Testilaitteita ohjattiin vastaanottimien kautta infrapunasignaaleilla.</p> <p>Opinnäytetyö onnistui kokonaisuudessaan hyvin. Kaikki tavoitteiksi asetetut toiminnallisuudet saatiin toteutettua onnistuneesti pieniä Bluetooth-yhteyden vikoja lukuun ottamatta. Eleohjaus saatiin toteutettua halutulla tavalla: kaikki ennalta määritetyt eleet tunnistuivat moitteettomasti, eivätkä ne sekoittuneet toistensa kanssa.</p> <p>Opinnäytetyössä toteutettua eleohjainta voidaan hyödyntää esimerkiksi television kaukosäätimenä tai valokatkaisijana. Bluetooth-ohjelmistoa voidaan pienin muutoksin hyödyntää myös muissa etäohjainprojekteissa, kuten langattoman hiiren toteutuksessa.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin osana lähiympäristön eleohjainprojektia, jonka tavoitteena oli toteuttaa lähiympäristön eleohjain ja selvittää sen mahdollista markkina-arvoa.</p>	
Avainsanat	Eleohjain, eleen tunnistus, Bluetooth

Author Title	Max Ketelimäki Gesture Controller
Number of Pages Date	19 pages + 1 appendice 6 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Software Engineering
Instructors	Simo Silander, Senior Lecturer Antti Laurikainen, Project manager
<p>The purpose of this Bachelors' thesis was to make a prototype of home environments gesture controller. Works goal was to make gesture controllers and receivers control program which is easy to use and user friendly. In the production was focused also on low power consumption and software was made so that it would be easy as possible to further develop.</p> <p>The software of both Gesture controller and receivers was written in c-programming language. At data transferring in between controller and receivers we used Bluetooth-protocol. Nordic Semiconductors NRF51 API was utilized in Bluetooth communication and –transfer, where you could find all the necessary function calls for Bluetooth communication. Acceleration meter and gyro was used to recognize the gestures done with controller. Test devices were controlled with infrared-rays through receiver devices.</p> <p>Bachelors' thesis was a success in its entirety. All the objectives were achieved except minor bugs in Bluetooth communication. Gesture control worked as planned: all the predefined gestures worked impeccably and they were easy to separate form one another.</p> <p>The gesture controller made in Bachelors' thesis can be utilized in for example as a televisions remote controller or as light switch. The Bluetooth software can be easily implemented to other remote controller projects like wireless mouse with minor changes.</p> <p>Bachelors' thesis was made as part of gesture control project which purpose was to make home environments gesture controller and find out if the device has any marketing value.</p>	
Keywords	Gesture controller, gesture recognition & Bluetooth

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Eleohjain	1
2.1	Teknologiat	1
2.1.1	Bluetooth	2
2.1.2	C-ohjelmointikieli	5
2.2	Eleohjaus	5
2.2.1	Erilaisten eleohjainratkaisuiden esittely	8
2.3	Yhteistyökumppani	10
2.3.1	Eleohjaimen alustava projektisuunnitelma	10
2.4	Tehtävän kuvaus	11
2.5	Insinööriyön toteutus	13
2.6	Insinööriyön luotettavuus ja käyttökelpoisuus sekä tavoitteiden saavuttamisen arviointi	14
2.7	Insinööriyön hyödynnettävyys	15
3	Yhteenveto	16
	Lähteet	18

## Liitteet

Liite 1 Insinööriyön toteutus, salassa pidettävä

## Lyhenteet

SDK	Software developement kit. Ohjelmiston kehitykseen käytettävä alusta.
SPI	Seriel peripheral interface. Synkroninen sarjallinen dataprotokolla, jota käytetään mikro-ohjaimissa yhden tai useamman oheislaitteen kanssa nopeasti lyhyellä välimatkalla viestittämiseen.[1.]
IMU	Inertial measurement unit on itsenäinen järjestelmä, joka mittaa lineaaris- ta ja kierteistä liikettä. Tavallisimmin järjestelmä tekee mittaukset kolmella kiihtyvyysanturilla ja kolmella gyro-anturilla. [2.]

## 1 Johdanto

Toteutin insinööri- eli opinnäytetyönäni eleohjaimen prototyypin. Eleohjaimella on tarkoitus pystyä hallinnoimaan lähiympäristöä, ja sen tulee soveltua arkikäyttöön [3]. Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa eleohjaimen lähettimeen ja vastaanottiin käytettävä ohjelmisto. Työn tavoitteena oli ohjauseleiden saumaton toimivuus, Bluetooth-yhteydellä vastaanotinlaitteiden tehokas ja käyttäjäystävällinen ohjaus sekä ohjaimen mahdollisimman pieni virrankulutus. Toteutin insinöörityöni osana Electrian Lähiympäristön eleohjainprojektia, jossa olin osallisena kesällä 2015. Projektissa eleohjaimen toteutuksen tarkoituksena oli selvittää, onko eleohjaimella markkina-arvoa [3].

Aluksi esittelen tarkemmin teknologioita, joita käytin työssäni. Toteutimme eleohjaimen ohjelmiston korkean tason C-ohjelmointikielellä. Ohjelmistossa käytimme Bluetooth-protokollaa ohjaimen ja vastaanottimen kommunikoimiseen sekä tiedon kuljettamiseen niiden välillä. Kehitysalustana toimi Nordic Semiconductorin NRF51 SDK. Teknologiaiden lisäksi esittelen työssäni eleohjauksen perustoimintaa ja muutamia tunnetumpia eleohjaintoteutuksia. Esittelen myös yhteistyökumppanini Electrian ja kerron lyhyesti projektisuunnitelmasta sekä tehtävänkuvauksesta.

Toteutusosiossa käyn läpi työn eri vaiheet. Koska työ on tehty osana eleohjainprojektia, toteutusosioista on poistettu ohjelmiston toteutukseen liittyvät tarkat yksityiskohdat. Tarkempi kuvaus toteutuksesta on insinöörityön liitteessä 1.

Lopuksi pohdin insinöörityöni hyödynnettävyyttä, käyttökelpoisuutta ja tavoitteiden toteutumista. Kuvaan myös työssä esiintyneitä haasteita ja ongelmakohtia sekä niiden ratkaisuja.

## 2 Eleohjain

### 2.1 Teknologiat

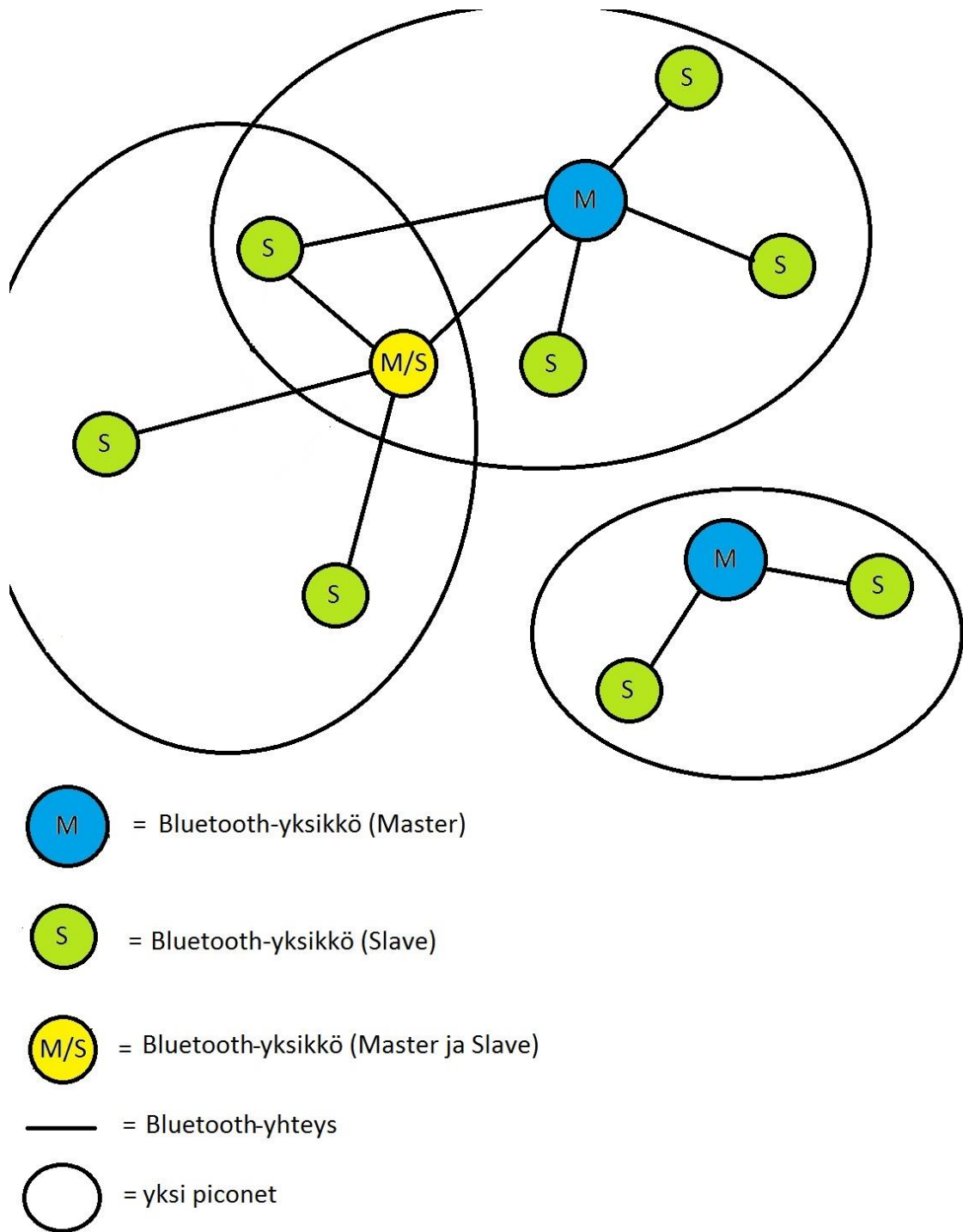
Tässä luvussa kuvaan kaksi insinöörityön toteutuksessa käytettyä ohjelmistollista apuvälinettä: Bluetooth ja C-ohjelmointikieli. Apuvälineiden lisäksi luvussa kerrotaan yle-

sesti eleohjauksesta ja esitellään siitä muutamia käytännön esimerkkejä. Lähdeaineistona opinnäytetyön tietoperustan koostamisessa on käytetty alan internetsivustoja.

### 2.1.1 Bluetooth

Bluetooth on yksinkertainen, turvallinen ja kaikkialle ulottuva langaton viestintäteknologia. Bluetoothia käytetään miljardeissa laitteissa kännyköistä ja tietokoneista hoitoalan laitteisiin sekä kodin viihde-elektroniikkaan. Bluetoothin tarkoituksena on korvata sähköelektroniikan johdot, jotka yhdistävät laitteet toisiinsa, langattomalla yhteydellä ylläpitäen korkean tason tietoturvallisuutta. Bluetoothin tärkeimmät ominaisuudet ovat sijainnista riippumaton käytettävyys, matala virrankulutus ja edullinen hinta. [4.]

Bluetoothin rakenne ja kansainvälinen hyväksyntä mahdollistavat sen, että mikä tahansa avoin Bluetooth-laite voi yhdistää itsensä toiseen lähialueella olevaan Bluetooth-laitteeseen melkein missä päin maailmaa tahansa. Kun kaksi laitetta muodostaa yhteyden toisiinsa, syntyy niin sanottu laitepari. Kahden laitteen yhteys mahdollistaa laitteiden välisen oman räätälöidyn langattoman verkon muodostumisen. Tätä langatonta verkkoa kutsutaan piconetiksi. Piconetit muodostetaan dynaamisesti ja automaattisesti, mikä mahdollistaa yhteyden muodostamisen ja purkamisen helposti milloin vain. Jokainen piconetissä oleva laite pystyy samanaikaisesti keskustelemaan seitsemän eri laitteen kanssa saman piconet-verkon sisällä. Jokainen piconetin laite voi samanaikaisesti kuulua myös useaan eri piconettiin. [4.] Piconetin toimintaa on havainnollistettu kuvassa 1. Kuvassa näkyvä master-yksikkö voi olla esimerkiksi tietokone ja masteriin yhteydessä oleva slave-yksikkö langaton Bluetooth-hiiri ja/tai -näppäimistö.



Kuva 1 Piconet

Bluetooth Smart on Bluetooth-versio, jonka ominaisuudet mahdollistavat erittäin matalan huippuarvon sekä erittäin matalan keskiarvo- ja lepotilavirrankulutuksen. Bluetooth Smart mahdollistaa myös vuosien virran keston tavallisella nappiparistolla. [4.]



Bluetooth High Speed -teknologia mahdollistaa suurten tiedostojen lähettämisen eri laitteiden välillä. Teknologia käyttää tiedon korvaus -menetelmää, jossa hyödynnetään väliaikaisesti laitteessa jo olevaa toista radiota, ja saadaan siten nopeampi teho. Teknologiaa voidaan hyödyntää etenkin musiikkikirjastojen synkronointiin eri laitteiden välillä, kuvapakettien lataamiseen ja videoiden lähettämiseen laitteelta toiselle. Bluetooth High Speed -teknologia vähentää kustannuksia ja samalla laajentaa kokoonpanomahdollisuuksia tulevaisuudessa. Kuluttajat pitävät tehokkaasta ja langattomasta yhteydestä, joka sisältää Bluetooth-protokollan, -turvan ja -pariutumisominaisuudet, joita kuluttajat ovat tottuneet käyttämään. [4.]

Bluetooth High Speed -teknologian yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on alentunut virrankulutus, koska high-speed-radiota käytetään vain tarvittaessa, mikä tarkoittaa pidempää akunkestoa laitteille. Lisäksi Bluetooth High Speedin geneerinen, vaihtoehtoinen MAC/PHY-osoite sallii radion löytävän toisia high-speed-laitteita vain silloin, kun niitä tarvitaan tiedonsiirtoon. Virranohjaus on nopeaa, mikä tekee kuluttajan langattomien kuulokkeiden yhteyden katkeamisesta epätodennäköistä. Bluetooth High Speed -teknologia alentaa viivettä lähettämällä pieniä määriä tietoja nopeasti. Kuluttajien käyttökokemusta parantaa Unicast Connectionless Data. [4.]

Bluetooth Low Energyn (LE) avulla kehittäjät ja alkuperäisen laitteen kehittäjät pystyvät helposti luomaan uusia innovatiivisia tuotteita, jotka kommunikoivat miljardien markkinoilla jo olevien laitteiden kanssa. Bluetooth LE on edullinen ja kehittäjäystävällinen, koska siinä on joustava kehitysympäristö, joka mahdollistaa melkein rajoittamattoman kehityksen. Sen yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on yritysstandardoitu langaton protokolla, joka mahdollistaa usean jakajan yhteistoiminnan. Bluetooth SIG -jäsenenä voi liittyä kymmenien tuhansien ohjelmistokehittäjien ja palvelun tarjoajien verkostoon. [4.]

Kuluttajalle Bluetooth Low Energy mahdollistaa langattoman verkon eri laitteiden välille: Kävelylenkillä voi käyttää sykemittaria, joka keskustelee kuluttajan älykellon kanssa. Musiikkia on mahdollista kuunnella suihkuhanasta. Älypuhelimella tai tabletilla voi avata oven, asettaa lämpötilan, laittaa valot päälle ja ohjata televisiota. Langattomat laitteet helpottavat arkea käytännöllisyydellään ja tehokkuudellaan. [4.]

### 2.1.2 C-ohjelmointikieli

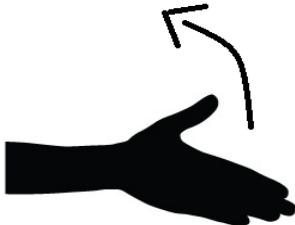
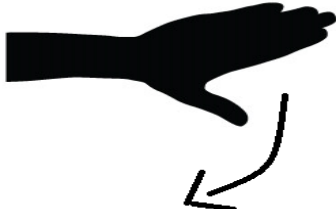
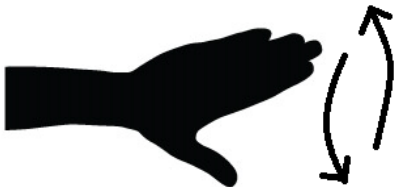
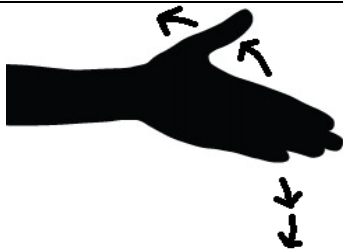


C on rakenteinen korkean tason lausekieli, jonka on kehittänyt Dennis Ritchie, Bell-laboratorioissa vuonna 1972. C-ohjelmointikielen ominaisuudet kehitettiin aiemmasta B-ohjelmointikielestä. C-ohjelmointikieli oli tarkoitettu UNIX-käyttöjärjestelmän työkaluksi. Vuonna 1978 Dennis Ritchie ja Brian Kernighan julkaisivat ensimmäisen version C-ohjelmointikielestä, joka tunnetaan yleisesti nimellä K&R C. [5.]


C-ohjelmointikielen ominaisuuksia ovat luotettavuus, siirrettävyys, joustavuus, vuorovaikutteisuus, modulaarisuus, hyötysuhde ja tehokkuus. C-ohjelmointikieli muodostaa suuren osan Unixin, Linuxin ja Windowsin järjestelmäsovelluksista, ja sitä käytetään esimerkiksi verkko-ohjaimissa, tietokantajärjestelmissä ja käyttöjärjestelmien kehityksessä. [5.]





## 2.2 Eleohjaus

Ihmiset käyttävät käsieleitä kommunikointiin toistensa kanssa ilman sanoja. Eleet mahdollistavat komentojen esittämisen, kuten esimerkiksi pysähdy, tule, älä tee tuota tai mielentilojen ilmaisun, kuten voittoele, tai informatiivisten eleiden esittämisen, kuten yksi tai kaksi. Näiden lisäksi eleet voivat joissakin erityisissä tilanteissa toimia ainoina kommunikointikeinoina, kuten esimerkiksi puhekyvyttömillä ihmisillä (elekieli) tai poliisin liikenteen ohjauksessa, kun liikennevalot eivät ole käytössä. Voisi olla hyödyllistä, että ihmisrobotit rekisteröisivät käsieleitä. Esimerkiksi haluaisimme mahdollisuuden välittää yksinkertaisia komentoja henkilökohtaiselle robotille käsieleillä. Taulukossa 1 on mallinnettu joitakin yleisesti käytettyjä käsieleitä.

Taulukko 1 Tunnetuimpia eleitä

Eleet	kuva eleen toteutustavasta	Eleen käyttötarkoitus
<b>Liikkeeseen perustuvat eleet:</b>		
Käden nosto		toiminnon valinta, käytettävän laitteen aktivointi, ylöspäin selaus
Käden lasku		alaspäin selaus, toiminnon/laitteen sulkeminen
Kämmenen kierto		toimintojen tai laitteiden selaaminen, volyymin/intensiteetin säätö, portaaton selaus
Käden sivuttainen heilautus		kosketusnäyttömäinen sivujen selaus, asioiden siirto sivulle päin
Käden toistuva heristys		laitteen aktivointi, toiminnon hyväksyminen "valitse"
Käden työntö eteenpäin		Zoom In, aktiivisen valinnan hyväksyminen

Käden veto taaksepäin		kutsu, Zoom out, peruuta "takaisin"
-----------------------	---	-------------------------------------

<b>Käsimerkkiin perustuvat eleet:</b>		
Nyrkki		tarttuminen
osoitus		valinta,
peukku		OK, hyväksy
yksi tai useampi sormi pystyssä		määrän ilmaiseminen

Eleiden tunnistus vaatii sekä käsien havaitsemista että eleiden tunnistusta. Molemmat ovat todella hankalasti toteuttavissa pääasiassa sen takia, että mahdollisia eleitä on useita ja kädet ovat monimutkaisia, muotoaan muuttavia asioita. Käsi voi liikkua vapaasti eri suuntiin yli 25° ottaen huomioon sormet, ranteen ja kyynärnivelet, jotka ovat

todella hankalia havaita muuttuvissa ympäristöissä, joissa on sotkuinen tausta ja muutuva valaistus. Käden havaitsemis- ja käsieleiden tunnistusjärjestelmiä on havaittu monia. Aikaiset järjestelmät useimmiten tarvitsivat markkereita tai värikkäät hanskat havaitsemisen helpottamiseksi. Toisen sukupolven keinot puolestaan käyttävät alhaisen tason ominaisuuksia, kuten väriä (ihon tunnistus), muotoa tai syvyystietoa käsien havaitsemiseen. Edellä mainitut järjestelmät eivät kuitenkaan ole tarpeeksi vakaita muuttuvien ympäristöjen käsittelyyn; ne usein tarvitsevat yhtenäisen taustan ja valaistuksen sekä yhden henkilön tai suuren ja keskitetyn käden kameran kuvaan. Tehostetut luokittelut mahdollistavat vakaan ja nopean käsien havaitsemisen, minkä lisäksi samankaltaisia luokitteluita voidaan käyttää staattisten eleiden tunnistukseen. Dynaamiset eleet analysoidaan normaalisti Hidden Markov Modelsin avulla. 3D-käsimalliin perustuvat ratkaisut mahdollistavat tarkan käden liikkeen ja muodon mallintamisen, mutta ovat aikaa vieviä ja laskennallisesti kalliita. [6.]

### 2.2.1 Erilaisten eleohjainratkaisuiden esittely

Näppäimistö ja hiiri ovat pitäneet sidettä vuosikausia tietokoneympäristöön, ja tätä sidettä on yritetty rikkoa useita kertoja. Myös Apotact Labs on liittynyt joukkoon Gestimisellä neljän sormen hanskamaisella toteutuksella, joka mahdollistaa tietokoneen ja mobiililaitteiden ohjauksen käsillä. [7.]

Gestiä kuvaillaan digitaaliseksi työkalusarjaksi, joka koostuu kahdesta osasta. Toinen osa on eleohjain, joka pujotetaan käteen, ja toinen osa on SDK, joka antaa kenelle tahansa mahdollisuuden rakentaa uusia sovelluksia alustalle. Eleohjain on suunniteltu sopimaan kenen tahansa käteen säädettävän remmin ja neljän muotoiltavan sormipidikkeen avulla. Kummassakin käsineessä 15 erillistä sensoria ja jokaisessa sormessa on älypuhelimista löytyvä kiihtyvyysanturin, gyron ja magnetismimittarin yhdistelmä. [7.]

Gestiä käyttävä ohjelma mahdollistaa pienten liikkeiden tunnistuksen. Käden liikkeitä tarkastelemalla ja oppimalla järjestelmä luo henkilökohtaisen mallin erikäyttäjien toimintatavoista. Apotact Labsin mukaan tulos on entistä tarkempi eleen tunnistukseksi. [7.]

Markkinoilta löytyy myös muita eleentunnistulaitteita, kuten Thalmic Labsin lihastunnistinen MYO-ranneke, joka käyttää laajoja eleitä useiden laitteiden ohjaukseen sekä pienempi Leap Motion -ohjain, joka käyttää kameraa ja infrapunaa käden liikkeen mallintamiseen. Toisin kuin nämä laitteet Apotact lupaa parempaa tarkkuutta pienemmissä

liikkeissä, mikä on tarkoitettu suurta tarkkuutta vaativille henkilöille, kuten artisteille tai suunnittelijoille. [7.]

Gestin ensimmäinen sovellus tulee Adobe Photoshopille, ja jokainen laite tulee sisältämään sisäänrakennetun kirjaston viidelle heti käytössä olevalle peruseleelle. Esimerkiksi sovellusten selaus tapahtuu sormen heilautuksella. Hiiren liikutus tapahtuu osoittamalla näyttöä ja Photoshop-liukusäätimiä voi säätää kämmentä kiertämällä. Myös 3D-kappaleita voidaan kiertää ”tarraamalla” niistä kiinni ja pyörittelemällä niitä käden sisällä. [7.]

Jos ei halua käyttää valmiita luurankomalleja, Gestissä pääsee käsiksi myös raakaan sensoridataan, josta voi tehdä Java- ja Python-kirjastoilla omat elemallit. Laite käyttää puhelimiin, tabletteihin ja tietokoneeseen yhteyden muodostamisessa Bluetooth Low Energy (BLE) -protokollaa, jonka tilaa seurataan merkkiedistä. Laite ladataan mikro USB -portin kautta. [7.]

Thalmic Labs on kehittänyt Myo armband -nimisen laitteen jokapäiväisten laitteiden kanssa kommunikoimiseen. Myo on käsivarteen pujotettava eleohjain, joka tunnistaa pieniä lihasten liikkeitä, käden kiertoa ja elektronisia impulsseja eleinä. Myo kääntää kaiken saamansa informaation reaaliaikaiseksi syötteeksi. [8.]

Gesturetek on julkaissut ensimmäisen patentoidun 3D-eleentunnistusohjelman markkinoilla nimeltä GestTrack 3D SDK. GestTrack 3D mahdollistaa interaktiivisten näyttöjen ja digitaalisten kylttien kaukaa ohjaamisen käsieleillä sekä koko kehon eleillä. GestTrackillä voi navigoida ”kineticin” kaltaisessa 3D-pelimaailmassa tai kommunikoida virtuaalisesti minkä tahansa tietokonejärjestelmän kanssa siihen koskematta. GestTrack tekee kosketukseen perustuvat laitteet, kuten hiiren, näppäimistön, kauko-ohjaimen tai kosketusnäytön tarpeettomiksi kommunikoidessaan tietokoneen tai interaktiivisen näytön kanssa. GestTrack pystyy tarkasti mittaamaan ihmisten käsien ja kehon sijainnin sekä liikkeen melkein millä tahansa 3D-syvyyskameralla. GestTrackin vankka seuranta mahdollistaa useiden eleiden ja asentojen tunnistuksen. GestTrack on myös luotettava ja tarkka valinta kuvaruutuohjattujen tietokoneiden käyttöön interaktiivisissa ympäristöissä, koska käyttäjää ei tarvitse mitata tai kalibroida järjestelmän kanssa, vaan käyttäjä voi kävellä järjestelmän luo ja alkaa kommunikoida saman tien. [9.]

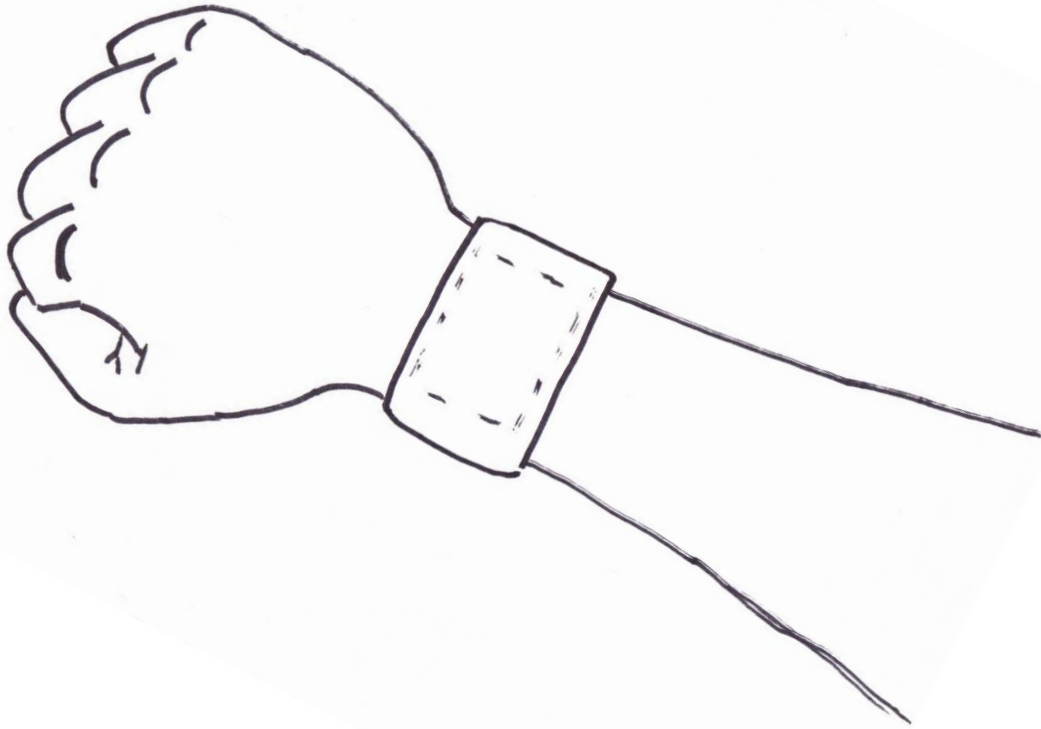
GestureTek on kehittänyt kehittyneen seuranta- ja eleentunnistusalgoritmin käyttäjän ja laitteen suhteen havaitsemiseen. 3D-kameroilla ja patentoidulla 3D-tietokoneohjelmalla tietokoneet pystyvät tunnistamaan ja reagoimaan sormien, käsien ja koko kehon eleisiin, sekä seuraamaan eleitä. SDK:ssa on useita toimintatiloja eri tilanteisiin soveltuvaiksi, minkä lisäksi siinä on myös kirjasto yhden ja kahden käden eleille ja asennoille. [9.]

## 2.3 Yhteistyökumppani

Electria on Metropolia Ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehityslaitos. Electria on erikoistunut käytännön digitaalitekologiaan. Electrian vahvuuksia ovat käyttäjäkeskeinen suunnittelu, langaton sensoriteknologia ja sulautetut järjestelmät. Electria tekee korkeantason tutkimusten tuloksista käytännön sovellutuksia, jotka palvelevat käytännön liike- ja arkielämässä. Electrian työtapana perustuu käytännön tarpeisiin vastaamiseen, rohkeaan kokeiluun ja nopeaan toimintaan. Electrian palveluita ovat tutkimus ja kehitys, protoilu ja valmistus, röntgenanalyysi, korjaus- ja testauspalvelut sekä koulutus- ja konsultointipalvelut. [10.]

### 2.3.1 Eleohjaimen alustava projektisuunnitelma

Lähiympäristön eleohjainprojekti oli Electrian toteuttama projekti, jossa toteutettiin lähiympäristön eleohjain. Eleohjaimen tarkoituksena on helpottaa kodin arkiaskareita. Tavoitteena on luoda langaton ja kompakti mukana kulkeva laite, joka toimii täysin ilman fyysisiä näppäimiä. Ideana on, että yksi laite korvaa kodin kaikki muut apuvälinetekniikan ohjaimet ja kaukosäätimet. Eleohjain on edullinen ratkaisu apuvälineeksi, koska silloin jokainen laite ei tarvitse erillistä ohjainta. Visiona on tehdä laitteesta ”näkyvätön”, mikä tarkoittaa sitä, että laite on pienikokoinen ja voi näyttää esimerkiksi rannekorulta tai rannekelloilta. [3.] Eleohjaimen koko on kuvattuna kuvassa 2.



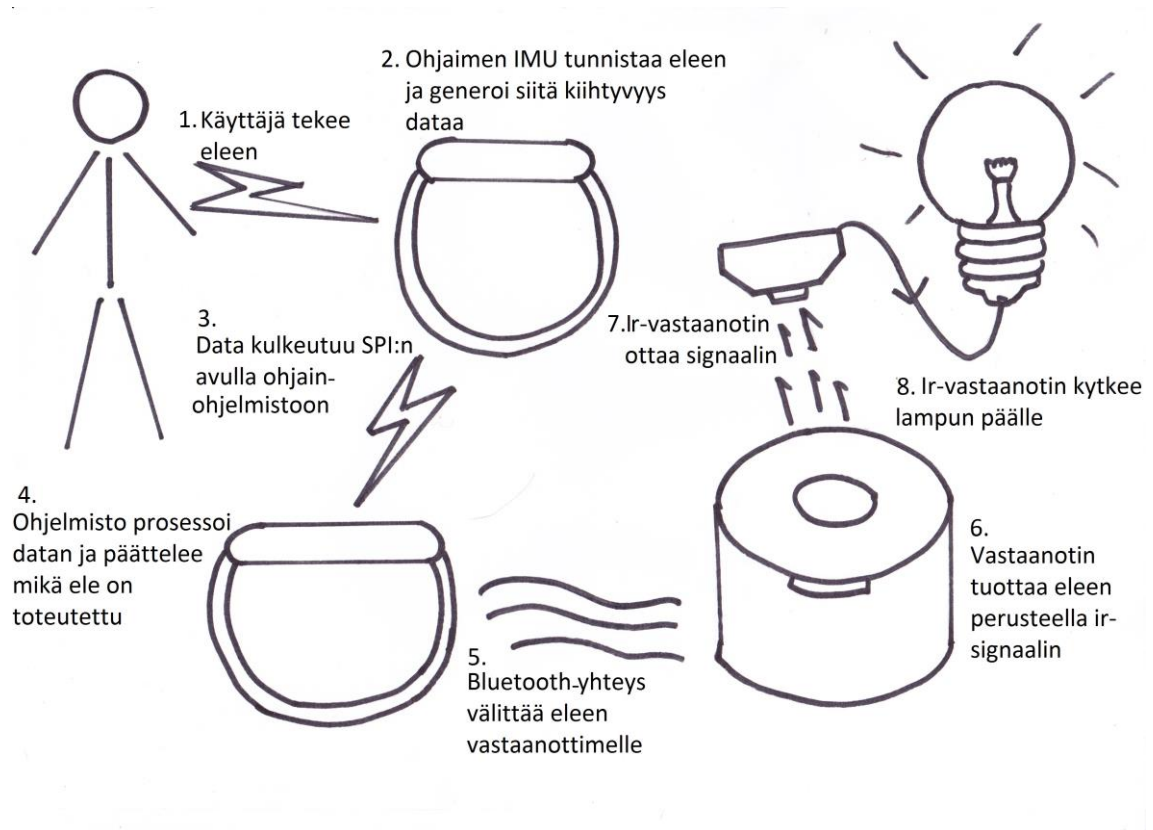
Kuva 2 Eleohjain suurin piirtein oikeassa mittakaavassa

#### 2.4 Tehtävän kuvaus

Tehtävänäni oli toteuttaa kiihtyvyys- ja gyro-anturin lähettämään dataan perustuva eleohjaus. Tämä tarkoitti sitä, ettei valmiiseen toteutukseen tulisi yhtään fyysisiä näppäimiä. Lisäksi eleohjauksen tuli olla niin yksinkertainen, että käyttäjä pystyy helposti ja nopeasti oppimaan laitteen toiminnan sekä käyttämään sitä tehokkaasti. Saatu kiihtyvyyssdata muokataan laitteen kallistusasteen tunnistamiseen sopivaan muotoon. Kiihtyvyyssanturilta tuleva data prosessoidaan ohjelmallisesti ja saadusta datasta päätellään, mikä ele on tehty. Kun ele on tunnistettu, se lähetetään Bluetoothilla vastaanotinlaitteelle. Eleohjain ja vastaanotinlaite ovat kuvattuna kuvassa 4.

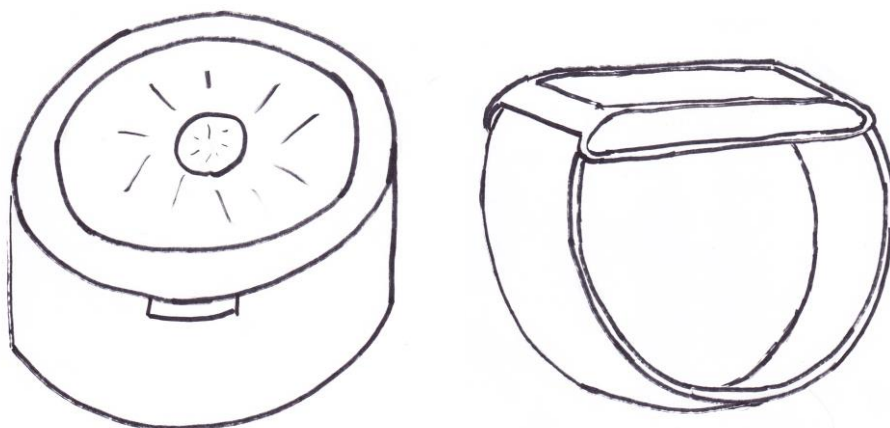
Ohjaimen kuuluu kerätä muistiin kaikki kantamallaan olevat omat Bluetooth-laitteet. Ohjain listaa ja järjestää laitteet, jonka jälkeen se muodostaa yhteyden listan ensimmäisen laitteen kanssa. Laitteita tulee voida selata ohjaimen eleillä, ja valitun laitteen tulee pystyä vastaanottamaan tehty ele nopeasti ja tehokkaasti. Seuraavassa kuvassa 3 on mallinnettu tiedon kulku käyttäjältä loppulaitteelle.





Kuva 3 Eleen elinkaari käyttäjältä loppulaitteelle

Vastaanotinten tulee pystyä lähettämään itsestään tietoa niin tehokkaasti, että ohjain pystyy lyhyessä ajassa kaappaamaan kaikki kantamalla olevat vastaanottimet. Ohjaimen ja vastaanotinten täytyy myös käyttää niin vähän virtaa, että virtaa riittää aktiivisessa käytössä vähintään yhdeksi viikoksi ilman paristojen vaihtoa.



Kuva 4 Hahmotelma vastaanottimesta ja ohjaimesta

## 2.5 Insinööritöön toteutus

Toteutin opinnäytetyöni 8.6. - 31.8.2015 välisenä aikana. Osallistuin eleohjainprojektiin eleohjaimen prototyypin toteutusvaiheessa. Osuutenani oli laitteiden ohjelmistojen toteutus ja testaus, minkä lisäksi osallistuin myös toimintojen ja ulkoasun suunnitteluun.

Projektitiimiimme kuului minun lisäksi kolme muuta jäsentä: elektroniikkainsinööri, apuvälinealan opiskelija ja teollisuusmuotoilija. Heistä kaksi osallistui ohjelmiston toteutukseen minun lisäksi. Ydintiimin lisäksi projektissa oli mukana kaksi Metropolia Ammattikorkeakoulun opettajaa sekä muutama muu henkilö, joiden tehtävä oli huolehtia projektin kulusta ja järjestelyasioista.

Eleohjainen kehitysalustana toimi Nordic Semiconductorin NRF51 SDK. Toteutimme kaikki laitteiden ohjelmistot korkean tason C-ohjelmointikielellä. Bluetooth-kirjastoina käytimme Nordic Semiconductorin omia mikrosirulle tarjoamia kirjastoja. Toteutin muun muassa Bluetooth LE -kommunikoinnin vastaanotinlaitteiden ja ohjaimen välillä sekä mainostavien laitteiden automaattisen tunnistuksen ja listauksen id:n ja laitteen kuulumisen perusteella. Tehtäviini kuului myös IMU:lta tulevan kiihtyvyyden prosessointi ja laitteiden ohjelmistollinen virrankulutuksen optimointi. Opinnäytetyön toteutuksen kulku on kuvattuna taulukossa 2.

**Taulukko 2 Toteutuksen kuvaus**

Ajankohta	Projektin kulku
8.6.2015	Projektin aloitus
Kesäkuu 2015	<p>Perehtyminen materiaaliin ja työympäristöön</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ohjelmointi ympäristö lisälaitteet, sekä niiden yhteistoimintaan tarvittavat ohjelmistot/sovellukset</li> <li>- Bluetooth Low Energy</li> <li>- Nordic Semiconductor NRF51 SDK</li> </ul>

Heinäkuu 2015	Toteutus <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bluetooth-mainostus</li> <li>- Bluetooth-kuuntelu</li> <li>- Bluetooth-sirun ja IMUn välinen kommunikaatio</li> <li>- kiihtyvyys- ja gyrodatan prosessointi astemuotoiseksi</li> <li>- eleiden toteutus</li> </ul>
Elokuu 2015	Toteutus ja testaus <ul style="list-style-type: none"> <li>- elekomentojen lähetys Bluetooth-yhteyden yli</li> <li>- vastaanotinlaiteohjelmiston toteutus</li> <li>- vastaanotinlaitteiden listaus ohjaimen muistiin</li> <li>- vastaanotinlaitteiden selaus ohjaimella</li> <li>- testaus ja viimeistely</li> </ul>
31.8.2015	Prototyyppi valmis Minun osuuteni projektissa päättyi.

Opinnäytetyön toteutuksen kuvaus sisältää osin salassa pidettävää materiaalia, koska toteutin opinnäytetyöni osana Electrian eleohjainprojektia. Tämän takia tarkempi kuvaus opinnäytetyön toteutuksesta on liitteessä 1, jota ei voida julkaista yleiseen käyttöön.

## 2.6 Insinöörityön luotettavuus ja käyttökelpoisuus sekä tavoitteiden saavuttamisen arviointi

Osallistuin eleohjainprojektiin ensimmäisen prototyypin toteutusvaiheessa, joten en voi arvioida laitteen lopullista käyttökelpoisuutta. Kun minun osuuteni projektissa päättyi, prototyyppi oli siinä vaiheessa, että ohjaimella pystyi muodostamaan yhteyden vastaanotinlaitteisiin. Vastaanotinlaite on loppulaitteelle tiedon välittämiseen käytetty pieni

Bluetooth-laite, joka muuntaa ohjaimelta saadun komennon infrapunavastaanottimelle soveltuvaksi. Vastaanotinlaitteiden selaileminen toimi satunnaisten yhteyksien päälle jäämisiä lukuun ottamatta kelvollisesti. Ohjaimen eleentunnistus toimi moitteettomasti ja kaikki viisi suunniteltua elettä oli toteutettu. Sen lisäksi yhteyden saanut vastaanotin pystyi vastaanottamaan ohjaimella tehdyn eleen ja muuntamaan sen IR-signaaliksi vastaanottimella ohjattavaa laitetta varten. Prototyyppi toimi jo niin hyvin, että pienillä ohjelmiston paranteluilla olisi sen voinut ottaa aktiiviseen käyttöön.

Työn tavoitteeksi oli asetettu eleiden saumaton toimivuus, Bluetooth-yhteydellä vastaanotinlaitteiden tehokas ja käyttäjäystävällinen ohjaus sekä ohjaimen mahdollisimman pieni virrankulutus. Eleiden osalta saimme kattavasti tavoitteet toteutettua. Eleiden tunnistus toimi täysin saumattomasti, ja kaikki protovaiheeseen tarvittavat eleet toteutettiin käyttövalmiiksi. Bluetooth-yhteydessä datan kuljetus toimi tehokkaasti eikä data korruptoitunut missään vaiheessa siirron aikana. Ohjaimen ja vastaanottimen välinen Bluetooth-linkki oli kestävä, ja sen yli oli helppo lähettää haluttu data. Bluetooth-yhteyden muodostus toimi nopeasti, mutta useampaa laitetta selatessa tiheään tahtiin jäi linkki satunnaisesti aktiiviseksi joksikin aikaa. Yhteyden vaihto tapahtui kuitenkin nopeasti ja tehokkaasti. Ohjainohjelmistossa linkki IMUun toimi täysin moitteettomasti ja IMUn rekistereistä saatiin helposti ajantasaista kiihtyvyyss- ja gyro-dataa. Virrankulutuksessa pääsimme riittävän alhaisiin arvoihin sekä laitteen aktiivisessa tilassa että lepotilassa.

Opinnäytetyöni on muodoltaan raportti, ja työskennellessäni olen noudattanut Metropolia Ammattikorkeakoulun insinööritoimintojen raportin kirjoittamiseen. Olen huomoinut muiden tutkijoiden ja asiantuntijoiden työn asianmukaisilla lähdeviitteillä ja välttämällä plagiointia. Toisten tutkijoiden saavutusten asianmukainen huomiointi lisää työn luotettavuutta [11]. Olen pyytänyt ja saanut luvan raportin kirjoittamiselle entiseltä työnantajaltani Electriasta.

## 2.7 Insinööritoimintojen hyödynnettävyys

Opinnäytetyössä toteuttamani eleohjain on prototyyppi ohjaimesta, joka on suunniteltu apuvälitekniseksi ohjaimeksi liikerajotteisille ihmisille. Projektiryhmämme toteuttamaa eleohjaimen prototyyppiä pystyy muutamaa ohjelmistollista virhettä lukuun ottamatta hyödyntämään apuvälineohjaimena esimerkiksi radion kuuntelussa. Laitetta pystyy

hyödyntämään myös yleisten ohjainten korvikkeena, kuten valonkatkaisijana tai television kaukosäätimenä kanavien vaihteluun ja äänenvoimakkuuden säätöön. Eleohjaimen ja vastaanottimen Bluetooth-kommunikaatio-ohjelmistoa voisi hyödyntää myös muissa mikrotekniikan etäohjainsovelluksissa, kuten esimerkiksi langattomassa hiirissä.

Itse voin hyödyntää projektissa opittuja C-ohjelmointikielen taitoja tulevaisuuden työelämässä ja omissa mikrotekniikan projekteissa. Koska Bluetooth-protokollaa hyödyntävät laitteet ovat nykyään todella yleisiä, on Bluetooth-ohjelmointitaidoista varmasti hyötyä myös jatkossa. Koska projektissa käytettiin paljon myös mikroelektroniikkaa, kehittyi ymmärrykseni ja osaamiseni myös sen osalta kiitettävästi.

Opinnäytetyö julkaistaan Theseus-tietokannassa, joten se on kaikkien luettavissa. Opinnäytetyö sisältää kuitenkin paljon toteutusspesifistä tietoa, johon on salassapitovelvollisuus. Tämän vuoksi opinnäytetyön toteutusosa ei ole kokonaan julkisesti saatavilla eikä siten suoraan muiden hyödynnettävissä.

### 3 Yhteenveto

Toteutin opinnäytetyönäni eleohjaimen prototyypin yhteistyössä Metropolia Ammattikorkeakoulun tutkimuslaitoksen, Electrian, kanssa. Eleohjain on ympäristöhallintaan tarkoitettu apuväline liikerajoitteisille. Opinnäytetyössä hyödynsin tiedonvälitykseen Bluetooth- ja SPI-protokollaa. Ohjelmiston kirjoitin kokonaisuudessaan korkean tason C-ohjelmointikielellä.

Opinnäytetyötä tehdessäni opin käyttämään mikroelektroniikan ohjelmoimiseen tarvittavia ohjelmistoja ja lisälaitteita. Opin esimerkiksi hyödyntämään mikroelektroniikan käyttöohjeita ohjelmoinnissa, joissa vaadittiin ymmärrystä bittien kanssa ohjelmoimisesta ja heksadesimaalien käytöstä. Lisäksi laajensin ymmärrystäni Bluetooth-protokollan toiminnasta ja sen tarjoamista mahdollisuuksista.

Työn teon aikana ilmeni useita niin yllättäviä kuin ennalta-arvattujakin haasteita. Koska projektissa käyttämämme Nordic Semikonduktorin Bluetooth-mikropiiri oli minulle ennalta täysin vieras ja piiri toimi täysin sille spesifioitun rajapinnan yli, minun täytyi opetella täysin vieraan kirjaston tarjoamat mahdollisuudet ja toiminta. Yllättävänä haaste-

na kirjaston käytössä ilmeni SPI-protokollaa varten toteutetun esimerkin ja rajapinnan toimimattomuus. Tämän takia jouduimme tekemään oman toteutuksen SPI-rajapinnasta ja sen luokista, mikä osoittautui suhteellisen haastavaksi, mutta erittäin mielenkiintoiseksi tehtäväksi. Koska Nordic Semiconductorin Bluetooth-rajapinta oli melko laaja, jäi olennaista tietoa helposti ymmärtämättä, mikä tuotti haasteita rajapintaan ohjelmoitaessa. Eniten koin aikaa menneen hukkaan sen takia, etten heti ymmärtänyt, mikä ero on kahden eri softdevicen välillä. Jos olisin ymmärtänyt eron heti, olisi ohjaimen Bluetooth-ohjelmisto varmasti tullut nopeammin valmiiksi ja sen hiomiseen olisi jäänyt enemmän aikaa.

Koska mikroelektroniikka käyttää paljon rekistereitä tiedon varastointiin ja välitykseen, oli bittien ja heksadesimaalien kanssa ohjelmoiminen suuressa osassa projektia. IMU:n käytössä kaikki luku- ja kirjoitusoperaatiot tapahtuivat bittejä lähettämällä, mikä osoittautui aluksi hieman haastavaksi.

Kaiken kaikkiaan olen tyytyväinen valmiiseen tuotokseen ja työskentelyyni projektin aikana. Yhteistyö Electrian ja projektiryhmämme välillä onnistui hyvin.

## Lähteet

- 1     Arduino. 2015. A Brief Introduction to the Serial Peripheral Interface (SPI). Verkkodokumentti. <<https://www.arduino.cc/en/Reference/SPI>>. Luettu 10.11.2015.
  
- 2     Xsens. IMU Inertial Measurement Unit. Verkkodokumentti. <<https://www.xsens.com/tags/imu/>>. Luettu 10.11.2015.
  
- 3     Metropolia Ammattikorkeakoulu. 2014. Lähiympäristön Eleohjain Projektisuunnitelma.
  
- 4     Bluetooth. 2015. Bluetooth. Verkkodokumentti. <[www.Bluetooth.com](http://www.Bluetooth.com)>. Luettu 1.11.2015.
  
- 5     Fresh2refresh.com. 2014. C – Language History. Verkkodokumentti. <<http://fresh2refresh.com/cprogramming/c-language-history/>>. Luettu 3.11.2015.
  
- 6     Francke\_Hardy. Real-time Hand Gesture Detection and Recognition using Boosted Classifiers and Active Learning. Verkkodokumentti. <[http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/125688/Francke\\_Hardy.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/125688/Francke_Hardy.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Luettu 2.1.2016.
  
- 7     Gizmag. 2015. Gest glove has gesture control on hand. Verkkodokumentti. <<http://www.gizmag.com/gest-gesture-controller-glove/40174/>>. Luettu 29.12.2015.
  
- 8     techcrunch. 2014. Hands on With The Production Version Of The Myo Gesture Control Armband. Verkkodokumentti. <<http://techcrunch.com/2014/07/23/hands-on-with-the-production-version-of-the-myo-gesture-control-armband/>>. Luettu 16.1.2016.
  
- 9     GestureTek. . 3D Depth Camera Hand, Face and Body Tracking Solutions. Verkkodokumentti. <<http://www.gesturetek.com/3ddepth/introduction.php>>. Luettu 16.1.2016.
  
- 10    Electria. Adding intelligence into everyday life. Verkkodokumentti. <<http://electria.metropolia.fi>>. Luettu 12.10.2015.
  
- 11    Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2013. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Verkkodokumentti. <[http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf)>. Luettu 18.11.1.2015

- 12 Nordic Semiconductor. 2015. Gap Central Connection Establishment and Termination. Verkkodokumentti. <<http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.sdk5.v11.0.0%2Findex.html>>. Luettu 21.2.2016.
- 13 STMicroelectronics. 2015. LSM6DS3. Verkkodokumentti. <<http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/DM00133076.pdf>>. Luettu 12.11.2015.



